

ISSN 0125-9849, e-ISSN 2354-6638
 Ris.Geo.Tam Vol. 27, No.1, Juni 2017 (39-46)
 DOI: 14203/risetgeotam2017.V27.442

RISET
 Geologi dan Pertambangan

HIDROGEOKIMIA AIR TANAH PADA DAERAH PANTAI: STUDI KASUS DATARAN RENDAH KATAK, DESA SUMBER AGUNG, KABUPATEN BANYUWANGI

Groundwater Hydrogeochemistry at Coastal Area Case study: Katak Lowland Area, Sumber Agung Village, Banyuwangi District

**Arief Nur Muchamad^{1,2}, Boy Yoseph CSS Syah Alam²,
 Euis Tintin Yuningsih²**

¹⁾ PT. Lorax Indonesia, Jakarta

²⁾ Program Pascasarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran, Bandung.

ABSTRAK Makalah ini menjelaskan hasil dari penilaian kualitas airtanah yang dilakukan di daerah dataran rendah Katak, di Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Kualitas airtanah yang asin telah teridentifikasi saat observasi lapangan. Dalam rangka mengidentifikasi asal air asin di daerah Katak, studi hidrogeokimia dilakukan terhadap sampel airtanah dari 12 airtanah sumur/bor, 3 air permukaan dan air laut. Analisis hidrokimia dilakukan dengan pengeplotan unsur-unsur ion utama pada diagram Piper untuk mengetahui fasies dan kandungan ion dominan pada airtanah di daerah penelitian. Interpretasi plot untuk ion utama menunjukkan bahwa salinitas di daerah Katak diakibatkan oleh intrusi air laut dan pembilasan garam-garam pada sedimen *marine*/batugamping. Penelitian hidrokimia di daerah dataran rendah Katak memberikan wawasan baru mengenai hubungan antara air tawar dan air laut pada kedalaman yang berbeda di dalam sedimen pantai dan aluvial. Intrusi air asin terjadi karena kerucut depresi yang disebabkan oleh eksploitasi air tanah terkonsentrasi di bagian selatan yang merupakan daerah pesisir dan pembilasan karena aliran air tanah melalui

sedimen *marine*/batugamping di Utara. Zonasi jenis airtanah diketahui dari karakteristik hidrokimianya, mulai dari jenis natrium klorida di Selatan sampai kalium sulfat di Utara. Hal tersebut masing-masing dikontrol oleh hidrodinamika airtanah dengan air asin dan pelarutan kimia batuan oleh airtanah.

Kata kunci: hidrogeokimia, salinisasi airtanah, intrusi, pembilasan airtanah

ABSTRACT This paper describes the groundwater quality assessment conducted in Katak lowland area, in Banyuwangi District, East Java. The quality of water salinity had been identified during field observation. In order to identify the origin of saline groundwater, a hydrogeochemical study has been carried out by analysing of 12 groundwater wells, 3 surface water and sea water. Hydrogeochemical analysis identified major ion elements on Piper's diagram to know the facies and dominant ion content in ground water study area. The interpretation of plots for different major ions suggests that saline water in Katak are typically salt water intrusion and flushing salt residue in marine sediment/limestone. This hydrochemical research area provides new insights into the geochemical relationships between freshwater and seawater at different depths in coastal and alluvial sediments. Saltwater intrusion occurs due to cone of depression caused by concentrated exploitation of groundwater in the south/coastal area, and flushing mainly by groundwater flow through marine sediment/limestone in the northern area. Groundwater zonation is characterized by hydrochemical type from natrium chloride type in the southern area to calciumsulphate type in the

Naskah masuk : 31 Januari 2017
 Naskah direvisi : 04 Februari 2017
 Naskah diterima : 02 Mei 2017

Arief Nur Muchamad
 Program Pascasarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknik
 Geologi, Universitas Padjajaran, Bandung.
 Jl Dipatiukur No. 35, Bandung 40132
 Email : anmuchamad@gmail.com

©2017 Pusat Penelitian Geoteknologi
 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

northern area. Controlled by hydrodynamic of groundwater with salt water and flushing of geochemical by ground water, respectively.

Keywords: *hydrogeochemistry, groundwater salinization, intrusion, groundwater flushing*

PENDAHULUAN

Airtanah merupakan sumberdaya alam yang melimpah di daerah tropis seperti Indonesia dan memegang peranan penting sebagai sumber pasokan air bersih. Pemanfaatan air tanah sebagai sumber air bersih dilakukan oleh masyarakat maupun industri untuk memenuhi pasokan kebutuhan air dengan berbagai keperluan, terutama air minum. Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk, kebutuhan akan pasokan air bersih meningkat dari tahun ke tahunnya. Dengan demikian kualitas dan kuantitas airtanah menjadi penting untuk dipelajari guna menyokong kebutuhan air bersih tersebut. Pemanfaatan airtanah di daerah pesisir yang berlebihan dapat menyebabkan masuknya air asin ke dalam daratan, yang kemudian mempengaruhi kualitas airtanahnya.

Daerah penelitian merupakan dataran rendah dan terbentuk oleh endapan aluvial yang merupakan hasil erosi dari batuan sekitarnya. Batuan asal di daerah penelitian merupakan batugamping/sedimen *marine* yang terangkat (*lifting*) akibat subduksi lempeng samudra (Harbury dan Kallagher, 1991 dalam Spiers & Burlet, 2014). Kemudian mengalami erosi dan ditutupi batuan gunung api, diantaranya batuan vulkanik dengan sisipan batugamping. Dataran rendah di daerah pesisir dan dataran antar gunung dibatasi oleh kaki gunung api Kuarter, maka endapan aluvial utama menutupi dataran ini berasal dari rombakan gunung api. Batuan vulkanik telah teralterasi kuat dan termineralisasi dengan tipe cebakan *high-sulphidation epithermal*. Tipe mineralisasi seperti ini telah menjadikan daerah penelitian juga merupakan daerah pertambangan.

Berdasarkan peta hidrogeologi lembar XI Jember, Jawa (Soekardi, 1981), daerah penelitian merupakan daerah langka air karenanya digolongkan daerah bukan Cekungan Air Tanah (non-CAT). Namun demikian terdapat akifer lokal produktif sedang, akifernya yang tidak menerus. Daerah salinisasi air tanah akibat intrusi air laut juga dilaporkan di daerah pesisir pantai Desa Pancer. Masyarakat setempat juga telah

melaporkan adanya salinitas di sumur mereka sekalipun lokasinya jauh dari pantai.

Sasaran dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik hidrogeokimia di daerah dataran rendah Katak. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui proses peningkatan salinitas dan zonasi air tanah asin berdasarkan karakteristik hidrogeokimia di daerah penelitian. Analisis penyebab salinitas air tanah dilakukan dengan analisis fasies hidrokimia melalui diagram Trilinier Piper (Fariza, 2016). Dari perubahan hidrokimia airtanah maka akan dapat diketahui apakah salinitas air tanah merupakan akibat intrusi air asin atau merupakan pembilasan garam residu dalam batugamping/ sedimen laut di dataran rendah Katak atau sekitarnya.

LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di wilayah pesisir dan dataran Katak di Desa Pancer, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi. Sebagian daerah penelitian merupakan daerah pertambangan dan berbatasan langsung dengan masyarakat pesisir pantai. Topografi daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua area utama berdasarkan ketinggiannya. Daerah dataran tinggi (Gunung Tumpang Pitu) berkisar di ketinggian sekitar 200-450 m, dan dataran rendah Katak dengan ketinggian berkisar dari sekitar 5-20 m yang akan menjadi tempat bagi fasilitas pendukung pertambangan.

Tipe mineralisasi utama sepanjang busur Sunda-Banda bervariasi, memanjang dari Jawa Timur menuju Lombok dan Sumbawa, diantaranya adalah kemunculan sistem porfiri dan *high sulphidation epithermal* sepanjang segmen busur timur, meliputi Tumpang Pitu *high-sulphidation epithermal* dan porfiri di Tujuh Bukit, Selodong *high-sulphidation* dan distrik porfiri yang di dalamnya terdapat sistem porfiri Montong Boteb, Lombok, dan sistem porfiri tembaga-emas Batu Hijau di Sumbawa.

Batuan vulkanik dari periode Miosen dan Pliosen serta vulkanik Kuarter yang lebih muda merupakan penyusun dari busur Sunda-Banda.

Busur Sunda-Banda telah bermigrasi bukan saja dari Barat ke Timur dari masa ke masa, tetapi juga dari Selatan ke Utara. Migrasi ini jelas terbukti dengan keselarasan arah Barat-Timur memotong pusat vulkanik Miosen dan Pliosen sepanjang

pesisir Jawa bagian Selatan, Lombok dan Sumbawa, dan sejajar dengan gunung api muda aktif berarah Barat-Timur dan berumur Kuartar, yang menegaskan busur aktif saat ini terletak di sebelah Utara sepanjang Jawa bagian tengah, dan bagian Utara Bali, Lombok dan Sumbawa.

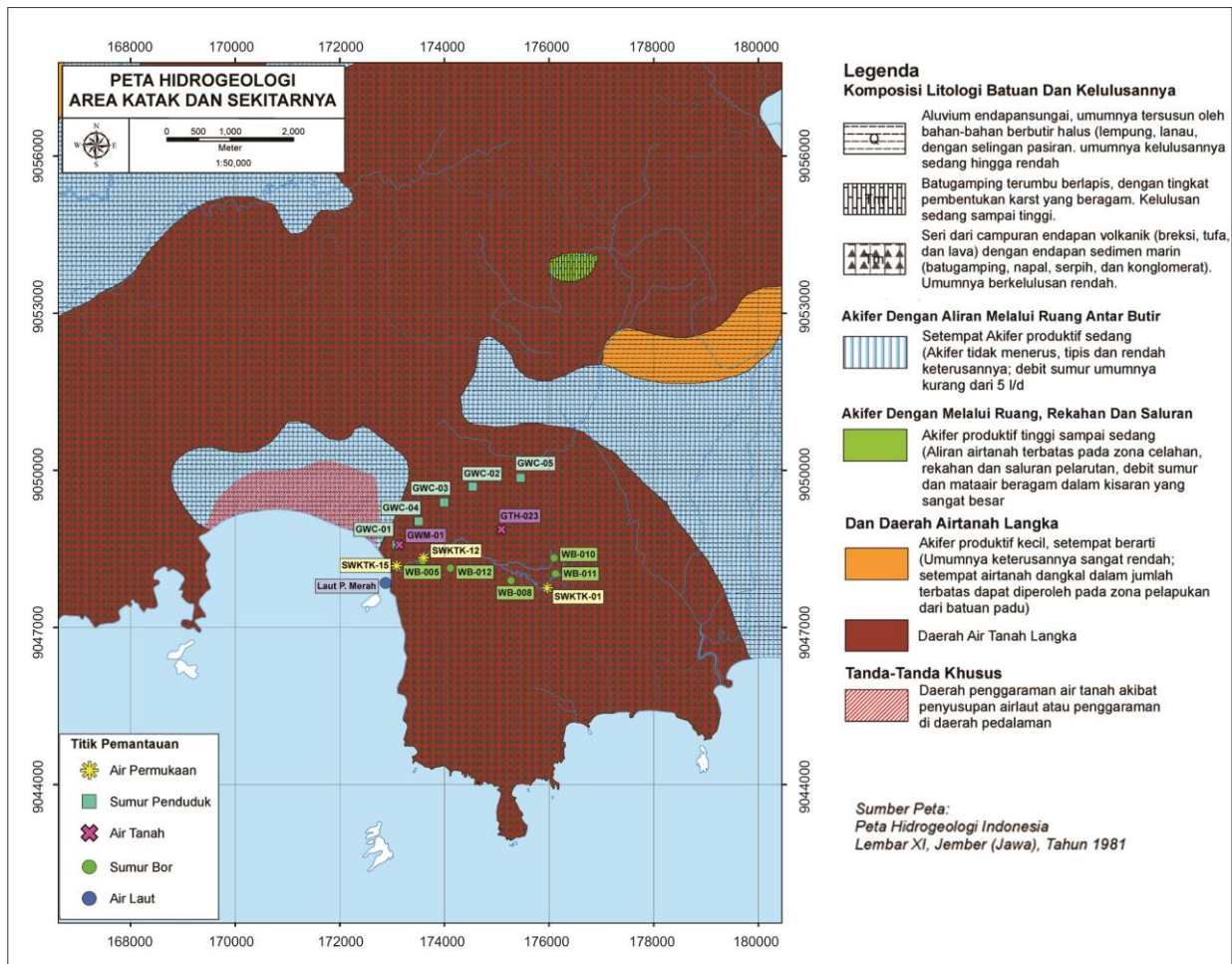
Pemetaan geologi daerah Tumpang Pitu termasuk didalamnya dataran rendah Katak mengungkapkan komposisi batuan vulkanik di daerah ini terdiri breksi vulkanik, tuf, batupasir vulkanik, dilapisi lava andesit dan batugamping/kapur yang secara regional termasuk Formasi Batuampar. Formasi Batuampar diinterpretasikan berumur Miosen bawah dan berasal dari sabuk vulkanik bawah laut yang muncul ke permukaan dan setelah itu tererosi. Selama Miosen Tengah, unit ini telah diintrusi oleh mikrodiorit, diorit, diorit hornblenda, diorit kuarsa dan porfiri andesit. Batuan intrusi ini memicu aktifitas hidrothermal yang menghasilkan alterasi di Tumpang Pitu dan daerah sekelilingnya.

Struktur utama geologi di daerah penelitian dengan jurus yang berarah Baratlaut-Tenggara, terdiri dari 8 koridor patahan sepanjang 16 km. Pola jurus diinterpretasikan sejajar intrusi diorit berumur Miosen pertengahan yang berperan sebagai pembawa mineralisasi di Tumpang Pitu.

METODE

Untuk mengetahui kualitas airtanah dan perubahan hidrokimia airtanah, maka program pengambilan sampel air telah dilaksanakan. contoh dilakukan terhadap airtanah sumur bor dan sumur penduduk, air sungai dan air laut. Sebanyak 16 sampel air diambil untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium, terdiri dari 7 sampel air sumur bor, 5 sampel air sumur penduduk, 3 sampel air permukaan Kali Katak dan 1 sampel air laut daerah Pulau Merah. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengambilan sampel dilakukan mewakili dua periode musim di Indonesia yaitu musim kering

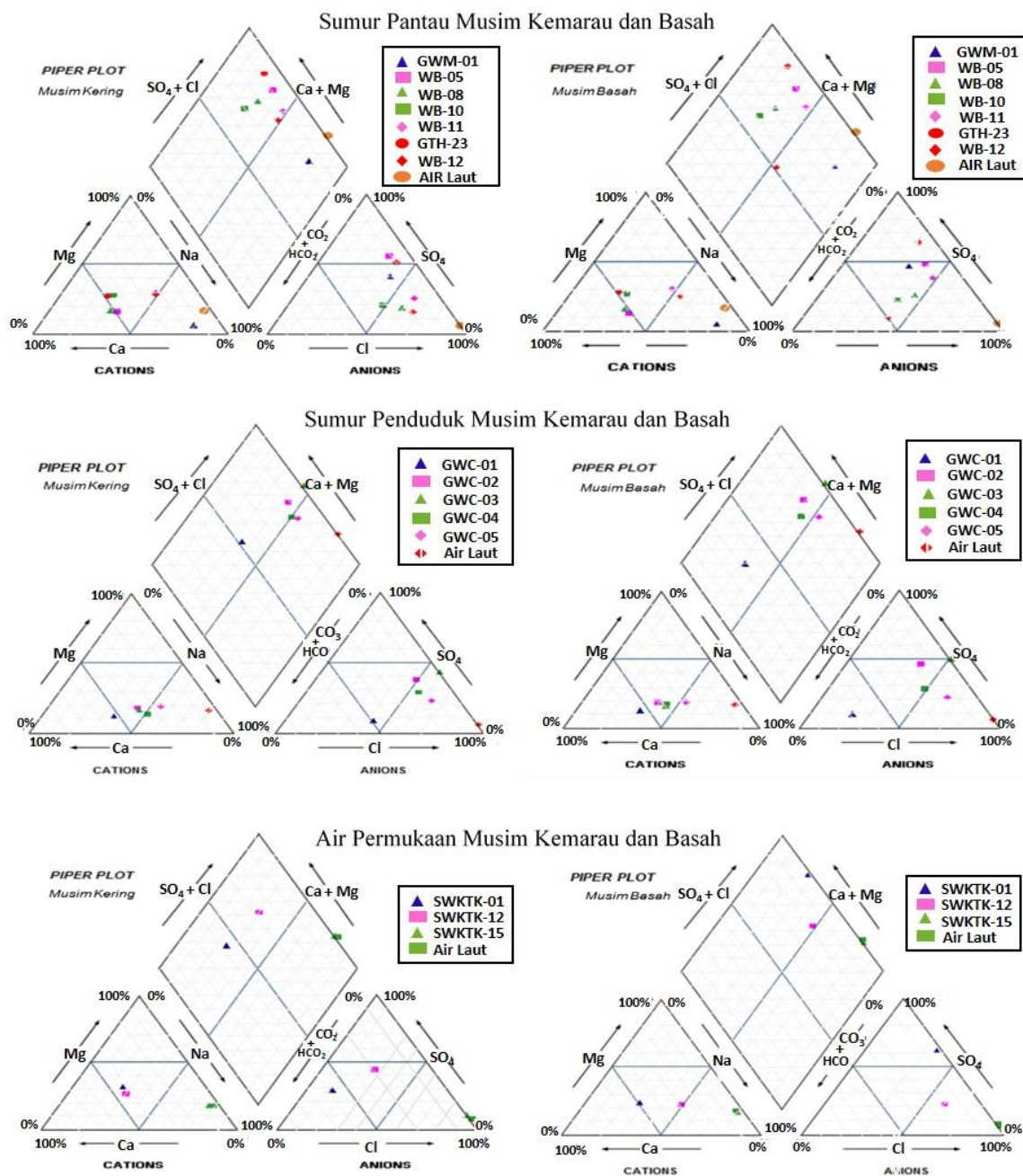


Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air.

dan musim basah. Pengambilan sampel pada musim yang berbeda adalah untuk melihat adanya korelasi atau proses pencampuran airtanah dengan air asin atau geokimia. Air laut yang diambil adalah air laut setempat di mana lokasi pengambilannya tidak jauh dari Pulau Merah. Air laut merupakan pembanding bagi airtanah asin yang memiliki karakteristik hidrokimia yang sama dengan air laut tersebut. Sampel air permukaan berasal dari Kali Katak. Air ini akan menjadi

indikator pencampuran air tawar dengan air asin dan penyebaran air asin di Kali Katak.

Kualitas airtanah tergantung pada sifat batuan dasar, topografi, geologi, tanah, iklim, curah hujan di atmosfer dan kualitas air dari sumber-sumber pencemaran antropogenik dalam hal kegiatan pertanian dan industri. Selanjutnya, kualitas airtanah dapat dipengaruhi oleh reaksi geokimia di permukaan seperti pelapukan, pelarutan, pertukaran ion dan berbagai proses biologis.



Gambar 2 Diagram Piper – Fasies dan perubahan air tanah daerah penelitian.

Konsep fasies hidrokimia dapat digunakan untuk menunjukkan karakter kimia diagnostik air dalam sistem hidrologi. Fasies mencerminkan pengaruh dari proses kompleks hidrokimia di bawah permukaan antara formasi litologi batuan dan airtanah (Ravikumar *et al.*, 2015).

Penilaian kualitas air sebagian besar didasarkan pada analisis hidrokimia. Studi hidrokimia mengungkapkan kualitas air untuk menentukan peruntukan penggunaan air tersebut. Airtanah terdiri dari tujuh unsur kimia utama, terdiri dari Ca, Mg, Cl, HCO_3 , Na, K, dan SO_4 . Parameter kimia airtanah memainkan peran penting dalam mengklasifikasikan dan menilai kualitas air (Jamshidzadeh *et al.*, 2011, Housseinifard dan Aminiyani, 2015). Parameter kualitas airtanah untuk mengidentifikasi terjadinya salinitas air asin adalah tingkat konsentrasi klorida (Cl) dimana parameter tersebut merupakan salah satu unsur kimia yang berasal dari air laut yang terkandung dalam senyawa garam (Suhartono *et al.*, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

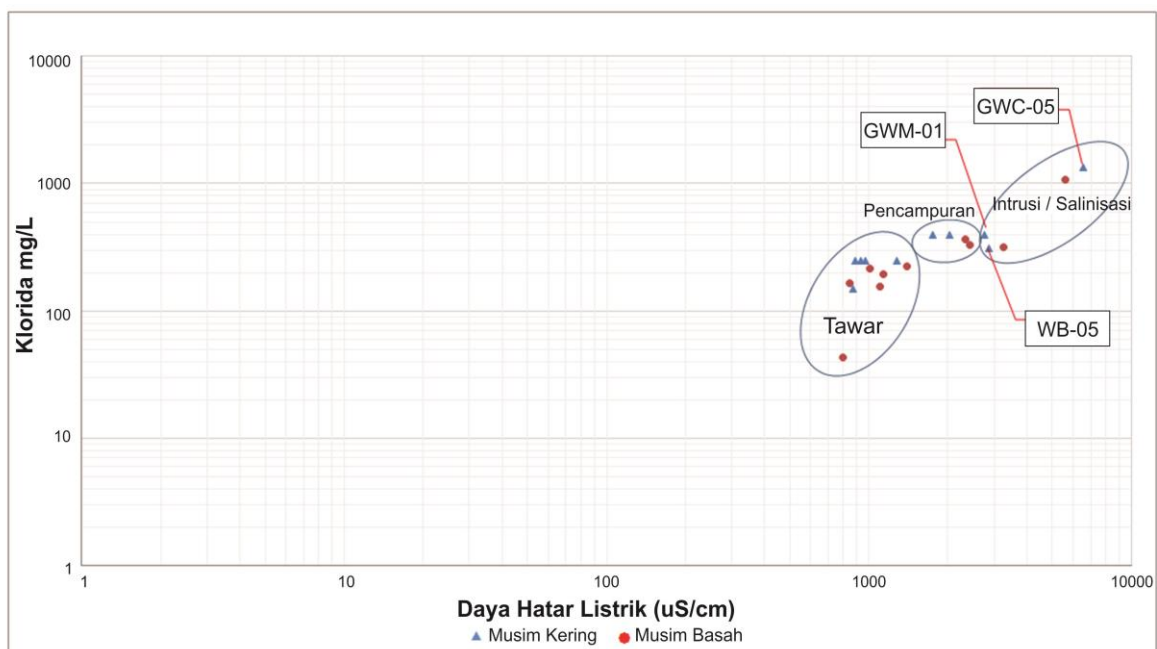
Berdasarkan analisis diagram Piper, terdapat 3 jenis air di daerah penelitian, yaitu Ca- SO_4 , Na- Cl dan Ca- HCO_3 . Fasies dan perubahan hidrokimia airtanah ditunjukkan pada Gambar 2.

Sulfat (SO_4): Mayoritas airtanah di lokasi-lokasi GWC-01, GWC-02, GWC-03, GWC-04, WB-05,

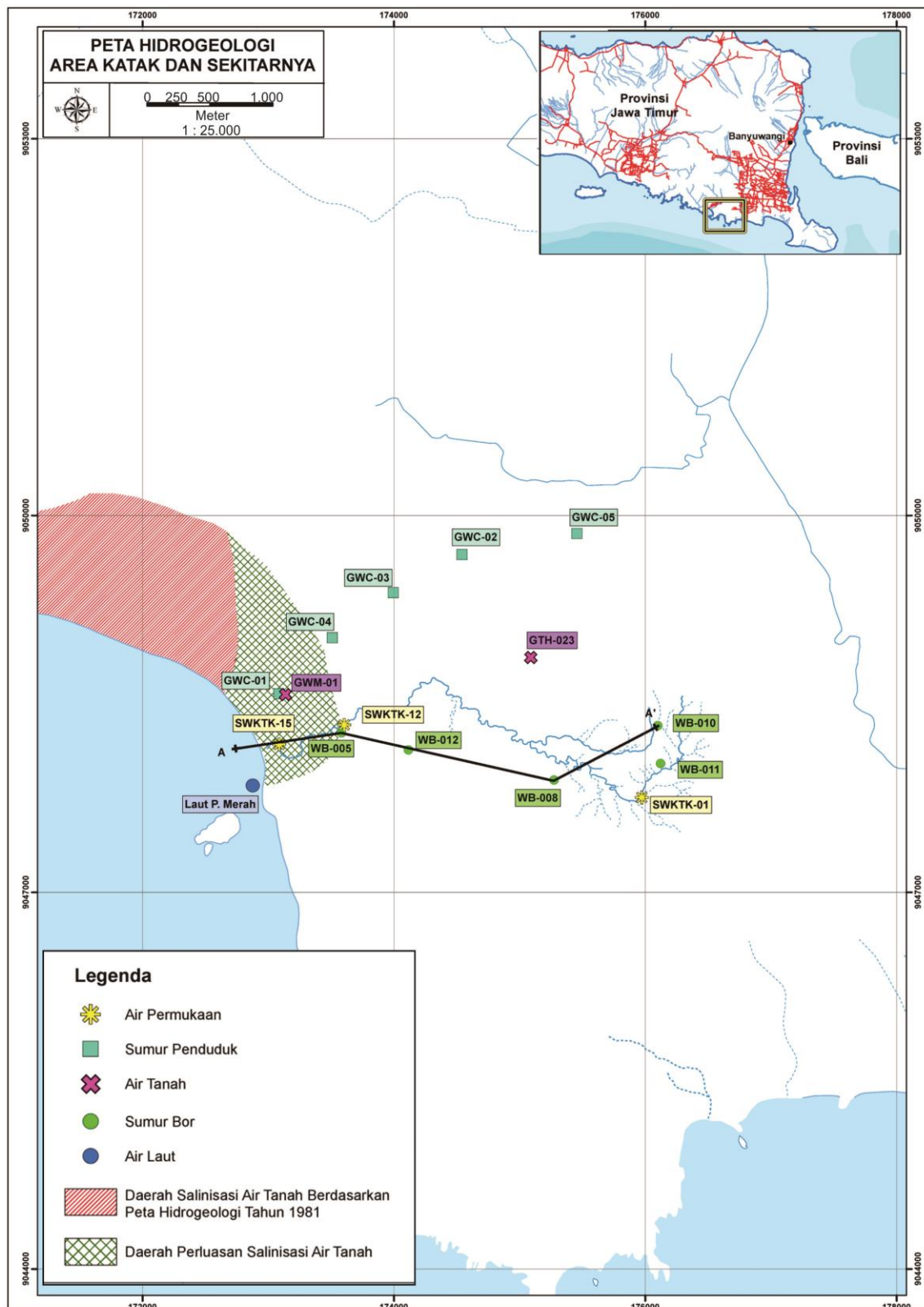
WB-08, WB-10, WB-11, WB-12, GTH-23 dan juga air permukaan SWKTK-12 di daerah penelitian merupakan air kalsium sulfat yang umumnya dipengaruhi oleh mineralisasi sulfat di area tersebut dimana Sulfat dapat berasal dari pelarutan dan oksidasi mineral sulfida.

Klorida (Cl): Sumber utama klorida dalam airtanah adalah konstituen dari batuan intrusi dan batugamping/sedimen *marine*. Dua airtanah dari sumur bor GWM-01, WB-05 dan sumur penduduk GWC-05 merupakan air klorida yang berasal dari pelarutan mineral batuan oleh airtanah atau pencampuran air asin dengan airtanah. Air permukaan Kali Katak SWKTK-15 mengandung klorida yang masuk langsung dari laut ke Kali Katak. Klorida larut dalam air dan bergerak bebas dengan air melalui tanah dan batuan dalam bentuk natrium klorida dalam air tanah. Konsentrasi klorida lebih dari 100 mg/l memberikan rasa asin ke air (Ramesh dan Jagadeeswari, 2013).

Bikarbonat (HCO_3): Air permukaan Kali Katak SWKTK-01 dan air sumur GWC-01 pada musim hujan merupakan air bikarbonat yang umumnya merupakan air yang berasal dari airtanah dangkal dan jenis air tanah muda. Sumber utama ion HCO_3 dalam airtanah adalah CO_2 terlarut dalam air hujan yang memasuki tanah melarutkan lebih banyak CO_2 . Peningkatan suhu atau penurunan tekanan



Gambar 3 Kondisi Korelasi DHL vs Klorida.



Gambar 4. Proyeksi perluasan sebaran salinitas berdasarkan perubahan hidrokimia.

menyebabkan penurunan kelarutan CO_2 dalam air, pembusukkan bahan organik dan SO_4 mengurangi bakteri melepaskan CO_2 terlarut. Air berubah dengan CO_2 terlarut mineral karbonat, melewati tanah dan batuan, melepaskan HCO_3 (Ramesh dan Jagadeeswari, 2013). Pendekatan secara grafis dapat menunjukkan adanya proses intrusi air asin ataupun salinitas pada akuifer daerah pantai, hal ini dilakukan sebagai verifikasi hasil analisa sebelumnya.

Hal tersebut dapat diketahui dengan pengeplotan nilai analisis hidrokimia daya hantar listrik (DHL) dengan klorida. Nilai sampel airtanah yang dicirikan oleh nilai Cl antara 100-200 mg/L dan DHL antara 600-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menunjukkan bahwa sampel tersebut mengalami pencampuran antara air tawar dengan air asin (Klassen et al., 2014). Dengan demikian sampel yang berada di atas nilai-nilai tersebut akan digolongkan sebagai intrusi air asin. Dari plot sampel yang ada dapat dipastikan adanya intrusi air asin pada lokasi-lokasi sumur bor GWM-01 dan WB-05 serta salinitas pada sumur penduduk GWC-05. Kondisi intrusi air asin berdasarkan nilai DHL dan klorida digambarkan pada Gambar 3. Salinitas pada sumur bor GWM-01 dan WB-05 yang masing-masing berjarak 400 m – 1 km dari pantai, diinterpretasikan sebagai bagian dari intrusi air asin yang masuk ke daratan. Masuknya air asin ke daratan biasanya disebabkan oleh penurunan kerucut depresi air tanah sehingga memungkinkan terisinya bidang kosong antar butir oleh air laut. Penurunan tersebut disebabkan oleh berubahnya batas hidrodinamika air asin – air tanah (*interface*) akibat pemanfaatan air tanah dari masa ke masa. Pada peta hidrogeologi tahun 1981, daerah salinisasi telah terjadi di daerah Desa Pancer, Teluk Pancamaya. Zona salinitas tersebut dengan demikian telah melebar mencapai sumur bor GWM-01 atau sumur penduduk GWC-01 sejauh 400 – 1 km dari garis demarkasi salinitas pada peta hidrogeologi tahun 1981.

Pada sumur penduduk GWC-04, terindikasi adanya pencampuran air asin dengan airtanah. Pengaruh musim terlihat dari adanya infiltrasi air meteorik pada musim basah membuat air tanah menjauh dari fasies klorida. Sementara pada musim kering, *baseflow* air tanah tidak cukup kuat untuk menahan mobilisasi air asin ke daratan. Apabila pemanfaatan air tanah semakin besar seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan ekonomi, maka dimasa yang akan datang potensi

intrusi air asin di lokasi ini akan semakin membesar.

Selain pada sumur bor, sebagai pembanding maka sumur penduduk di daerah Panorama GWC-05 dianalisis hidrokimianya. Hasil analisa menunjukkan adanya air asin di daerah Panorama yang berjarak 3 km dari pantai. Daerah Panorama ini sebenarnya berada di luar daerah dataran rendah Katak. Berdasarkan jarak dan batas *interface* air asin, maka salinitas yang terjadi bukanlah dikarenakan intrusi air asin melainkan adanya pembilasan residu garam dalam batugamping/ sedimen *marine* oleh airtanah. Secara geologi, daerah penelitian pada awalnya merupakan batuan bawah laut yang terangkat kemudian tererosi dan tertutupi oleh sedimen aluvial, juga terintrusi oleh batuan vulkanik. Airtanah yang bermobilisasi melalui batuan ini telah melepaskan garam residu yang ada di dalam batuan dan terlepas/ terlarutkan ke sumur penduduk. Proyeksi sebaran salinitas berdasarkan perubahan hidrokimia ditunjukkan pada Gambar 4.

KESIMPULAN

Karakteristik hidrogeologi melalui perubahan hidrokimia di dataran rendah Katak membuktikan adanya salinisasi di daerah tersebut. Salinisasi terjadi di daerah pesisir di bagian Selatan dan daerah Panorama di bagian Utara. Salinisasi di daerah Selatan disebabkan oleh adanya intrusi air asin maju ke daratan, sedangkan di daerah Utara karena adanya pembilasan garam dalam batugamping/ sedimen *marine* oleh air tanah. Intrusi air asin terjadi karena berubahnya batas *interface* yang kemungkinan besar diakibatkan oleh pemanfaatan air tanah oleh masyarakat atau kegiatan lain/industri disekitarnya. Pemanfaatan ini dapat menyebabkan penurunan kerucut depresi air tanah sehingga memungkinkan terisinya bidang kosong karena depresi tersebut. Hal ini dibuktikan oleh analisis hidrokimia yang memiliki fasies air tanah klorida pada titik sumur bor GWM-01 dan WB-05 yang masing-masing berjarak 400 m dan 1 km dari pantai.

Proses salinitas lainnya terjadi di bagian Utara (daerah Panorama) yang elevasinya lebih tinggi dari pesisir. Salinitas di daerah ini bukan berasal dari intrusi air asin tetapi kemungkinan adanya pembilasan garam dalam batugamping/sedimen *marine* di daerah tersebut. Hal ini dibuktikan oleh perubahan hidrokimia sumur penduduk GWC-05

yang memiliki fasies klorida sekalipun jarak dari pantai mencapai 3 km. Proses salinisasi akibat pembilasan ini telah didukung oleh pengakuan penduduk setempat yang mengakui terdapatnya air asin di sumur gali mereka.

Pemanfaatan airtanah dimasa yang akan datang harus menjadi perhatian penuh oleh masyarakat dan industri disekitarnya. Terutama pada lokasi sumur bor dan sumur penduduk yang sudah menunjukkan adanya proses pencampuran air asin dengan air tanah semisal lokasi GWC-04. Karena eksploitasi airtanah yang berlanjut terus menerus dapat merubah batas *interface* air asin dan juga pencampuran air asin dengan air tanah menjadi lebih salin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan ijin, dukungan dan bantuan selama penelitian. Terutama kepada PT. Bumi Suksesindo sebagai pemegang IUP Proyek Tujuh Bukit dan PT. Lorax Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Fariza, D. W., 2016. Geokimia Air Tanah Pada Sistem Akuifer Daerah Pantai. Karya Referat, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada.

Harbury, N. A. dan Kallagher, H. J. 1991. The Sunda outer-arc ridge, North Sumatra, Indonesia, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 6(3-4), 463-476. DOI: 10.1016/0743-9547(91)90088-F.

Housseinifard, S. J. dan Aminiyan M. M., 2015. Hydrochemical Characterization of Groundwater Quality for Drinking and Agricultural Purposes: A Case Study in Rafsanjan Plain, Iran. *Water Quality Expo Health*, 7, 531-544.

Jamshidzadeh, Z. dan Mirbagheri, S. A. 2011. Evaluation of Groundwater quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Desalination*, 270(1), 23-30. DOI: 10.1016/j.desaL.2010.10.067.

Klassen, J., Aleen, D. M. dan Kirtse, D. 2014. Chemical Indicators of Saltwater Intrusion for the Gulf Islands, British Columbia. Final Report, Department of Earth Sciences, Simon Fraser University.

Ramesh, K. dan Jagadeeswari P., 2013. Contamination of Groundwater Due to Solid Waste Disposal and Textile Effluent in and Around Erode City, Tamil Nadu. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 3(1), 262-271.

Ravikumar, P., Somashekar R.K., Prakash K.L., 2015. A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India. *Elixir Earth Sci.*, 80, 31073-31077.

Soekardi, P., 1981. Peta Hidrogeologi Lembar XI Jember (Jawa), Skala 1:250.000. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.

Suhartono E., Purwanto dan Suripin, 2013. Faktor Penyebab Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah pada Akifer Dalam di Kota Semarang. *Wahana Teknik Sipil*, 18(2), 396-401.

Spiers, R., dan Burlet, L. 2014. Report on Mineral Resources Estimation of the Tujuh Bukit Deposit. Hellman & Schofields Consultants Pty. Ltd, Brisbane, 5pp.